

УДК 620.179.14

## ВИЗНАЧЕННЯ РОЗМІРІВ ДЕФЕКТІВ ЗАСОБАМИ ТЕОРІЇ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБРАЗІВ

© Грінь М. Ю., Гальченко В. Я., 2003

Східноукраїнський державний медичний університет, м. Луганськ

*Розглянута актуальна задача чисельної обробки даних, одержуваних з різного роду пристроїв контролю стану об'єктів, що представлені зображеннями. Причому ставиться питання не тільки про виявлення дефектів у контрольованих об'єктах за допомогою теорії розпізнавання образів, але і, що більш важливо, визначення розмірів виявлених дефектів,*

У сучасному виробництві все більш актуальними стають задачі не стільки виявлення матеріалів, виробів та їх партій з відхиленнями від норм, скільки одержання інформації про те, як наявні відхилення позначаються на придатності досліджуваних об'єктів і можливості їхньої тривалої та продуктивної експлуатації. Приймаючи до уваги той факт, що, як правило, доводиться контролювати якість матеріалів та виробів, в обробку яких уже вкладені певні кошти, очевидним стає необхідність саме неруйнівного контролю і, перш за все, вирішення задач дефектометрії.

Для неруйнівного контролю використовується досить широке коло приладів, до яких відносяться: магнітографічні, індукційні і ферозондові дефектоскопи, прилади вихорострумове контролю, електропотенціальні, термоелектричні, електроіскрові, трибоелектричні й електростатичні прилади, а також досить широкий клас акустичних методів контролю [1,2,3].

Незважаючи на широку гаму приладів і методів неруйнівного контролю, всі їх поєднує необхідність аналізувати вихідні сигнали, що надаються цими приладами. У випадку, коли сигнал одномірний, тобто може бути представлений у виді графіка функції однієї змінної, як правило, вдається побудувати систему достовірного аналізу отриманої інформації. У випадку більш складних сигналів, що можуть бути отримані, приміром, за допомогою магнітних дефектоскопів або різних ультразвукових приладів, доводиться аналізувати двох – і більш мірні дані. У такій ситуації необхідно прибгати до використання складних систем розпізнавання образів, що аналізують отримані дані, представлені в загальному випадку у виді напівтонових зображень. Цікаво, що в цьому випадку матриця значень, отримана з різного роду приладів може

містити значення не тільки яскравості, але і значення інших фізичних величин: електричних потенціалів, напруженості магнітного й електромагнітного полів тощо. Так як цьому випадку можуть бути отримані зображення різної контрастності і чіткості, то очевидним є використання алгоритму, який легко адаптується до різних типів зображень. Зокрема, цей факт робить досить складним використання нейронних мереж, тому що в цьому випадку довелось б для кожного типу зображень заново повторювати тривалий процес навчання мережі, а в деяких випадках, можливо, треба було б втручання в структуру мережі [4,5,6,7].

У світлі вищевикладеного представляється доцільним для рішення задач розпізнавання використання класичних алгоритмів, але із застосуванням нових сучасних методів обробки сигналів, що може привести до якісно нових результатів.

Розглянемо алгоритм, докладно описаний у роботах Л. Юра і Ч. Фосслера.

Стисло схема його роботи може бути описана в такий спосіб: зображення, що розпізнається, надходить на вхід системи у виді матриці фіксованого розміру, елементами якої є нулі та одиниці. Програма складає оператори розпізнавання одним з декількох випадкових методів і використовує вироблені оператори для перетворення невідомої вхідної матриці в таблицю характеристик. Оператор представляє собою невелику ділянку зображення, елементами якого є нулі (білі клітки), одиниці (чорні) і порожні значення (сірі). Таблиця характеристик представляє собою набір наступних параметрів:  $X$  – середня координата  $x$  збігу оператора із зображенням,  $Y$  – середня координата  $y$ ,  $R$  – середній радіус,  $N$  – кількість збігів). Отримана на попередньому етапі таблиця потім порівнюється з виробленими раніше таблицями характеристик, що

зберігались у пам'яті, кожна з яких відповідає одному образу (класу зображень), в результаті порівнянь встановлюється назва таблиці, що найбільш близька до тільки-що обчисленого, або виноситься вердикт про відсутність у базі такого класу.

За принципом функціонування дана схема дуже подібна на те, як розпізнавання образів здійснюється людиною – зображення класифікується за наявністю або відсутністю певних ознак у досліджуваному об'єкті. Як наслідок, розглянутий підхід має велику кількість переваг у порівнянні з багатьма іншими методами: швидка адаптація до нового набору класів, малий час навчання, довільна кількість типів об'єктів, можливість багаторівневої класифікації.

До переваг викладеного алгоритму варто віднести те, що система може почати роботу взагалі без операторів. У цьому випадку оператори виробляються і замінюються знову виробленими програмою доти, поки не вийде „оптимальна” їхня структура. До того ж система видає кількісну характеристику, що відбиває ступінь належності досліджуваного об'єкта до визначеного класу, чи вказівку на те, що об'єкт не вдалося класифікувати.

Однак спроба адаптації даного алгоритму на випадок роботи не з чорно-білими зображеннями, а даними, представленими в градаціях сірого, виявилася невдалою в зв'язку з певними труднощами. Так, наприклад, прямолінійна спроба розширити набір значень в чарунках, як в об'єкта, так і оператора розпізнавання, на весь простір значень градацій сірого приводить до занадто низької ймовірності збігу оператора з ділянкою зображення і, як наслідок, безупинному росту бази операторів, збільшенню часу навчання, зниженню якості розпізнавання, тобто практично всі переваги даного методу губляться.

Але представляється перспективним використання цього алгоритму, що добре себе зарекомендував, у сполученні із сучасними методами обробки сигналів, зокрема вейвлет-аналізом [8]. Таким чином, замість порівняння оператора розпізнавання з ділянкою зображення, що використовувалося в базовому алгоритмі, пропонується використовувати порівняння вейвлет-образу оператора з вейвлет-образом ділянки зображення, що дозволяє порівнювати тільки найбільш значущі коефіцієнти розкладу. Така модифікація істотно поліпшує роботу алгоритму. Для рознесення операторів у просторі ознак на підставі коефіцієнтів розкладу доцільно використовувати метод потенціальних функцій, який приведений у [9].

Оскільки передбачається порівнювати невеликі

за розмірами ділянки зображення, більш логічним представляється використання саме вейвлет-перетворення, оскільки йому властиве виділення локальних просторово-тимчасових особливостей сигналу, у нього відсутні хибні складові, характерні, наприклад, для Фур'є-перетворення й обумовлені ефектом Гіббса.

Вейвлет-перетворення представляє собою розклад сигналу на базисні хвильові функції. Відомий широкий спектр базисних вейвлетів. Однак раціональним є використання перетворення Хаара як найменш вимогливого до обчислювальних ресурсів.

Таким чином, остаточно алгоритм розпізнавання може бути описаний у такий спосіб:

**початок:**

1) одержати матрицю коефіцієнтів об'єкта, який треба класифікувати;

2) вибрати оператор розпізнавання з максимальним пріоритетом;

3) послідовно зміщуючи оператор, одержати значення вектора  $\{\bar{X}, \bar{Y}, \bar{R}, N\}$ ;

4) методом потенціальних функцій на підставі вектора  $\{\bar{X}, \bar{Y}, \bar{R}, N\}$  спробувати класифікувати об'єкт;

5) **якщо** класифікація неможлива, **то якщо** є ще оператори перейти до п. 2), **інакше** вивести інформацію про неможливість класифікувати;

**інакше** вивести інформацію про класифікацію;

6) модифікувати пріоритети операторів;

**кінець.**

Наприклад, у випадку виміру розмірів дефектів за допомогою магнітних дефектоскопів картина поля над поверхнею дефекту, яка може фіксуватися відповідним перетворювачем, подається на вхід системи у виді масиву  $M*N$  значень нормальних (чи інших, найбільш інформативних) складових напруженості магнітного поля, що знімаються над поверхнею досліджуваного об'єкта за допомогою яких-небудь магніточутливих елементів. Для випадку дефекту кінцевих розмірів у виді прямокутного паза відома аналітична залежність для розподілу магнітного поля у просторі над дефектом. Для  $z$  - складової справедливе співвідношення:

$$H_z = \frac{1}{4\pi} [\Phi(x, y, z) - \Phi(x, y, z + h)], \quad (1)$$

$$\text{де } \Phi(x, y, z) = \frac{1}{x^2 + y^2} \left\{ \frac{y + L}{(x^2 + (y + L)^2 + z^2)^{1/2}} - \frac{y - L}{(x^2 + (y - L)^2 + z^2)^{1/2}} \right\}; \quad (2)$$

$l = 2\sigma 2b$  – величина лінійного струму;

$$\sigma = \frac{(\mu_r - 1)H_0}{2 \left[ 1 + \frac{\mu_r - 1}{\pi} \frac{2b}{h} + \frac{\mu_r - 1}{\pi} \frac{bh}{L^2} \right]}$$
 – щільність поверх-

невих зарядів на гранях дефекту;  $H_0$  – напруженість однорідного магнітного поля усередині феромагнетика;  $b$  – половина ширини дефекту (розкриття);  $L$  – половина довжини дефекта;  $h$  – глибина дефекта.

Таким чином, обчислюючи  $z$ -складову значення напруженості магнітного поля в різних точках із заданою дискретністю над поверхнею об'єкта, одержимо таблицю значень, що практично представляє собою зображення в градаціях сірого для еталонних дефектів, що виступають як бібліотечні класи.

Загалом пред'явлений дефект відноситься до одного з бібліотечних з відомими геометричними розмірами, на підставі чого і робиться висновок про розміри запропонованого дефекту.

Продемонструємо роботу системи на наступному чисельному експерименті. Для цього в базу системи було внесено 16 еталонних класів для глибини дефекту  $h = 1 \cdot 10^{-3}$ ,  $1.5 \cdot 10^{-3}$ ,  $2 \cdot 10^{-3}$ ,  $2.5 \cdot 10^{-3}$  м і розкриття  $b = 2 \cdot 10^{-4}$ ,  $3 \cdot 10^{-4}$  м,  $4 \cdot 10^{-4}$ ,  $5 \cdot 10^{-4}$  м. Еталонний представник класу формується шляхом накопичення статистики екземплярів класу. Кожен екземпляр формується на підставі масиву, отриманого за формулою (1), шляхом накладення білого шуму (10% від максимального значення сигналу) і невеликих зрушень (3 кроки дискретизації).

Розпізнавання за допомогою першого оператора демонструється в табл. 1-3.

Таблиця 1 – Значення потенціальної функції для класифікації дефекту з параметрами  $b = 0,00022$ ;  $h = 0,001$

$b \setminus h$	0.0010	0.0015	0.0020	0.0025
0.0002	0.99845	0.833703	0.42775	0.138215
0.0003	0.997957	0.788857	0.343807	0.076528
0.0004	0.997453	0.76321	0.298011	0.053039
0.0005	0.997018	0.746729	0.270914	0.041401

Таблиця 2 – Значення потенціальної функції для класифікації дефекту з параметрами  $b = 0,00038$ ;  $h = 0,001$

$b \setminus h$	0.0010	0.0015	0.0020	0.0025
0.0002	0.995746	0.849654	0.450084	0.148049
0.0003	0.996257	0.806432	0.361357	0.082794
0.0004	0.996318	0.781518	0.31429	0.057704
0.0005	0.996231	0.765443	0.28633	0.045205

Таблиця 3 – Значення потенціальної функції для класифікації дефекту з параметрами  $b = 0,000490$ ;  $h = 0,00100$

$b \setminus h$	0.0010	0.0015	0.0020	0.0025
0.0002	0.99522	0.856755	0.457741	0.152284
0.0003	0.996331	0.814174	0.368892	0.085502
0.0004	0.996616	0.789547	0.321279	0.059725
0.0005	0.996668j	0.77363	0.29295	0.046856

Як легко помітити, різниця в потенціальних функціях для всіх дефектів у першому стовпчику таблиць досить невелика, внаслідок чого можуть бути допущені похибки класифікації. Для виключення похибок система робить уточнення класифікації за допомогою оператора з найбільшою різницею в значеннях потенціальної функції саме для тих класів, інформацію про які варто перевірити, що продемонстровано для дефекту з параметрами  $b=0,00022$ ;  $h = 0,001$  (див. табл. 1, 1-ша колонка).

Таблиця 4 – Значення потенціальної функції уточнюючого оператора для дефекту з параметрами  $b = 0,00022$ ;  $h = 0,001$

$b \setminus h$	0.0010
0.0002	0.999998
0.0003	0.878023
0.0004	0.474282
0.0005	0.318822

Більше значення потенціальної функції відповідає кращому збігу з еталонним об'єктом. У відповідності з цим показником робиться висновок про розміри пред'явленого дефекту і його віднесення до класу з розмірами  $b=0,0002$ ;  $h=0,001$ . Саме завдяки функціонуванню системи з різними операторами розпізнавання досягається велика роздільна здатність і наочність функціонування. Таким чином, аналізуючи

результати результати чисельних експериментів, варто визнати досить високу ефективність запропонованого методу. Має сенс відзначити, що запропонований метод також дозволяє спостерігати за розвитком стану дефекту і прогнозувати поведінку виробу з дефектом в динаміці.

1. Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий. Справочник. В 2-х книгах. Кн. 2/Под ред. В.В. Клюева.-2-е изд., перераб. И доп. -М.: Машиностроение, 1986. -352с.  
2. Гальченко В.Я., Павлов О.К., Воробйов М.О. Нелінійний синтез магнітних полів збудження вихорострумів перетворювачів дефектоскопів // Методи і прилади контролю якості. — 2002. — № 8. — С. 3 — 5. 3. Павлов О.К., Гальченко В.Я.

Нелінійний синтез функціональних давачів лінійних переміщень. // Вимірювальна техніка та метрологія. -2002.-№ 61.-С. 96-100. 4. Розенблатт Ф. Принципы нейтродинамики. Персептрон и теориямеханизмов мозга. -М.: Мир, 1965. -480 с.5. Методы нейроинформатики / Под ред. А.П. Горбаня. - Красноярск: КГТУ, 1998.-205 с. 6. Калан Роберт. Основные концепции нейронных сетей.: Пер. с англ. -М.: Издательский дом «Вильямс», 2001. -289 с. 7. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации / Пер. С польского И.Д. Рудинского. -М.: Финансы и статистика, 2002. - 344с. 8. Чуй Ч. Введение в вейвлеты: Пер. с англ. - М.: Мир, 2001. -412 с. 9. Айзерман М.А. Браверман Э.М. Розоноер Л.Т. Метод потенциальных функций в теории обучения машин.-М.: Наука, 1970. -384с.

УДК 621.643:620.191.4

## ОСОБЛИВОСТІ КОНТРОЛЮ СТАНУ ІЗОЛЯЦІЙНОГО ПОКРИТТЯ ПІДЗЕМНИХ НАФТОГАЗОПРОВОДІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРИСТРОЮ БКІТ-2

© Яворський А.В., 2003

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

**Описана структурна схема, конструкція і характеристики пристрою БКІТ-2 для проведення дистанційного контролю дефектності ізоляційного покриття підземних нафтогазопроводів, а також характерні особливості проведення цього контролю вказаним пристроєм**

Існуючі вітчизняні засоби контролю стану ізоляційного покриття на даний час, в основному, не відповідають високим технічним вимогам до засобів контролю, не дають змоги автоматизувати процес вимірювання і накопичувати дані для моніторингу та прогнозування стану покриття в майбутньому.

На кафедрі „Методи і прилади контролю якості та сертифікації продукції” Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу розроблений, виготовлений і введений у експлуатацію пристрій БКІТ-2, який призначений для безконтактного контролю стану ізоляційного покриття підземних нафтогазопроводів в умовах значних промислових завод. Розробка пристрою проводилась з врахуванням раніше отриманих наукових наробок [1, 2] і удосконаленої методики контролю [3]. Пристрій дозволяє контролювати стан ізоляційного покриття підземних трубопроводів діаметром від 80 до 350 мм з максимальною глибиною їх залягання 2 м. Довжина контрольованої ділянки трубопроводу при підключенню

пристрою складає 2000 м.

До складу пристрою БКІТ-2 входять два окремі блоки – приймач і сигнал-генератор. Приймач пристрою БКІТ-2 забезпечує визначення наявності пошкодження ізоляційного покриття трубопроводу шляхом здійснення таких послідовних операцій:

- 1) визначення положення осі підземного контрольованого трубопроводу;
- 2) вимірювання глибини залягання підземного трубопроводу;
- 3) вимірювання струму, що протікає в стінках контрольованого трубопроводу, що проводиться з використанням двох сигналів – пошукового (457 Гц) і вимірювального (87 Гц) [1]. Структурна схема приймача пристрою БКІТ-2 зображена на рис. 1.

Приймач складається з трьох магнітних антен 1, 2, 3, трьох попередніх підсилювачів 4, 5, 6, програмованих підсилювачів 7, 9, комутатора 8, активних резонансних фільтрів 10, 11, детектор 12, звукового підсилювача 13, головних телефонів 14, блоку живлення 15, пристрою керування 16,